

## Alcuni aspetti delle valutazioni qualitative nei sistemi viventi. Un approccio preliminare: “La simbiosi lichenica”.

Autore: Paolo Pasquinelli#,  
#Laboratorio di Ricerca Sociale. Università di Pisa.

### Sommario

Il presente lavoro si propone di indicare quali prospettive possano scaturire da una valutazione qualitativa di alcuni fenomeni biologici (sistemi naturali, complessi e dinamici) finora poco attesi dal mondo scientifico, peraltro recentemente affrontati con determinazione da un nutrito numero di ricercatori appartenenti ad avanzate correnti multidisciplinari, che potrebbero, essere validi anche per il vivere sociale sia degli animali sia dell'uomo.

È qui proposto un esempio di co-operatività del regno vegetale, quale la simbiosi lichenica, ritenuto utile per una comprensione del fenomeno qualitativo in termini energetici.

### Introduzione

Sin dal 1994, si stanno affermando studi sui Flussi di Energia che impegnano studiosi appartenenti sia a discipline scientifiche sia umanistiche.

Nati soprattutto dalla necessità di introdurre nuovi parametri dell'Economia che vadano oltre il complicato mondo industriale, questi studi hanno finito coll'interessare l'Ecologia in molti dei suoi aspetti. Nel 1998 a Porto Venere in Italia, si svolse un importante congresso che trattò, forse per la prima volta, questioni di grande rilievo teorico senza preconcetti e con approcci che spaziano dalla Termodinamica alla Crescita Industriale attraversando i punti di vista Ambientali e della Dinamica dei Modelli Socioeconomici. "Advances in Energy Studies: Energy Flows in Ecology and Economy" (1) fu il titolo di quell'evento che vide tra i protagonisti H.T. Odum, uno dei più importanti studiosi, se non addirittura il padre del settore. Su quel percorso, già iniziato dallo stesso Odum nel 1994 (2), si sono susseguiti lavori che hanno interessato visioni multidisciplinari quali la biologia, l'economia, la fisica, la matematica, la chimica e la filosofia. A mio avviso, mai prima d'allora si era vista una progressione e un allargamento di tali argomenti a un così elevato numero di studiosi. Si possono cogliere nella recente storia, peraltro in itinere, sviluppi importanti sul concetto della "Qualità" sino allora trascurato o anzi, per meglio dire, "sopraffatto" da un sistema "Quantitativo" gestito da leggi e principi inesorabili, bene e facilmente sostenute dal mondo accademico. Del tutto recentemente un ricercatore italiano, C. Giannantoni ha proposto ai biologi una serie di lavori tra i cui ultimi sono da citare l'"Introduzione alla Matematica dei processi Generativi" (3) e "Il Principio della massima potenza Energetica" (4) come base per una termodinamica della qualità. Ebbene, l'argomento, che fu già introdotto da Odum riguardo al concetto di Energia \*, sembra ora pronto a ricevere implementazioni che tendono al razionale o quantomeno al tentativo di far corrispondere a esso una nuova matematica: quella del calcolo differenziale incipiente che tiene conto della qualità (5). È qui importante affermare che senza una

descrizione accurata, seppur perfettibile nel tempo, di un qualsivoglia modello del “complesso sistema vivente”, tutto ciò non avrebbe ragione di essere. Il calcolo differenziale incipiente tiene conto, nell’ambito dinamico in cui i processi generativi avvengono, di aspetti quali la Co-produzione, l’Interazione, e il Feed-back. In fin dei conti, parlando degli aspetti qualitativi, più i percorsi di un sistema vivente sono conosciuti, maggiormente è approssimato il plusvalore qualitativo che questi possono rappresentare nella valutazione del calcolo energetico.

\* Definizione dell’ Emergia:

*Emergy = Available energy of one kind previously required directly and indirectly to make a product service (H.T.Odum) (6)*

Adattando la definizione alla simbiosi lichenica ovviamente “one kind” diventa l’energia solare e perciò la definizione diventa:

Emergia=-Energia disponibile complessiva, (espressa in termini di Energia solare se si parla di licheni) utilizzata direttamente per generare una specifica forma di Energia o di prodotto.

Unità di misura dell’Emergia: seJoule (solar Joule)

Conseguentemente a ciò, se s’intende seguire quella novità matematica, introdotta da Giannantoni sull’analisi dei sistemi complessi, la stima qualitativa può inserirsi nei calcoli quantitativi e consente di apprezzarla alla presenza di aspetti dinamici tipici dei sistemi viventi. Infatti in quest’analisi è stato introdotto il concetto di **derivazione incipiente** (o prioritaria) in sostituzione della **derivazione a posteriori**. Ciò consente di “trasportare, in ambito dinamico” alcune regole di Algebra Emergetica ai cui testi matematici di difficile comprensione si rimanda il lettore. A questo proposito giova ricordare quanto scritto da G. Monasta nel 2000 sul libro “le origini della vita”: “Probabilmente metodi di analisi innovativi e specialmente un nuovo tipo di matematica saranno necessari per spiegare molte strutture viventi...” (11)

## 1

### Esempio di simbiosi

Tra gli esempi ritenuti opportuni per approfondire e cercar di validare quanto esposto, è stato scelto quello per cui valgono le due parole chiave: "Simbiosi" e "Fotosintesi".

Per un biologo che legge è facile individuare che i "Licheni" corrispondono all'insieme delle due parole chiave. La **simbiosi lichenica**, infatti, non è altro che la rappresentazione di una cooperazione di due organismi viventi (**fungo ed alga**) in un sistema complesso e dinamico di cui la fotosintesi è parte indispensabile per la crescita e la sopravvivenza dei due componenti.



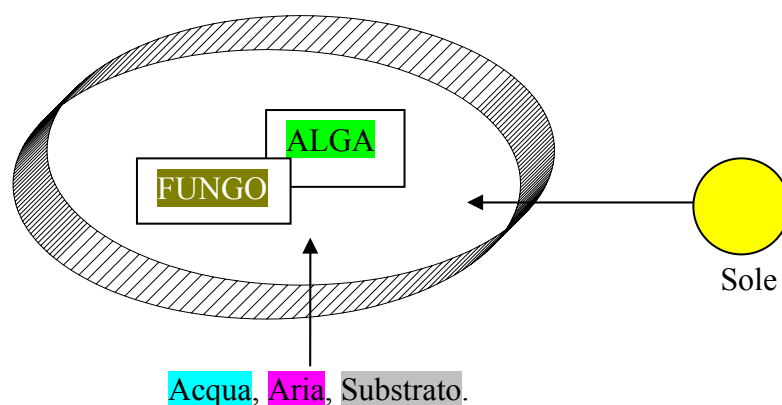
**Fig. 1.** Lichene *Xanthoria parietina*. Foto dell'autore

Nella struttura del lichene in **Fig.1**, s'individua una parte foliosa (*tallo*) ad accrescimento vegetativo ed un elevato numero di strutture rotondeggianti (*apoteci*) contenenti le spore (riproduzione sessuata) per la diffusione della specie. La colorazione giallo-verde è dovuta all'alga simbiote Trebouxia.

## 2

### Rappresentazione schematica della simbiosi

Si può considerare la simbiosi come uno stato di **convivenza sociale** tra due o più specie che formano un sistema chiuso, alimentato da sorgenti esterne di energia.



**Fig. 2.** Una possibile rappresentazione grafica della simbiosi lichenica

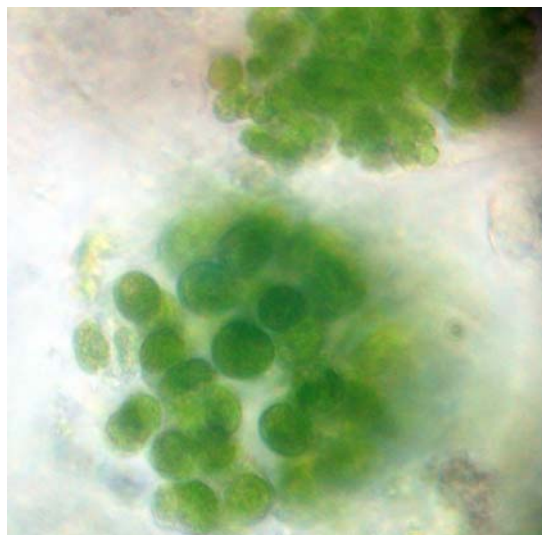
Tale rappresentazione, molto schematica, mostra come la situazione di vita di due organismi (fungo, alga) sia condizionata da elementi fisici quali la luce, l'acqua, l'aria ed il substrato. A ben vedere ciascuna di queste componenti è quantitativamente misurabile sia in termini di grandezze fisiche che in calcoli termodinamici più complicati di energia assorbita e prodotta. Ciò che rimane

impalpabile e di difficile comprensione è lo **status vivendi** ossia il raggiungimento di quella condizione di vita che possa permettere il mantenimento e la conservazione di tale condizione e biodiversità. La simbiosi quindi, con un'espressione adatta al sociale, potrebbe coraggiosamente rappresentare un esempio di welfare naturale che si è sviluppato sin dai primi tempi della comparsa dei vegetali sul Pianeta Terra. Complicato sarebbe lo spiegare come l'aspetto di cooperazione tra organismi situati ai livelli più bassi della catena evolutiva, quali un'alga unicellulare e un fungo ascomicete, riesca a essere vincente, mentre **alcuni sistemi sociali umani, situati al vertice della piramide evolutiva che dovrebbero cooperare al proprio interno, talvolta tendono a eliminarsi. (Fanno testo, a questo proposito, le lotte fra etnie diverse in una stessa popolazione).**

### 3

#### La fotosintesi quale condizione essenziale della simbiosi lichenica

Nel considerare la fotosintesi come un processo evolutivo che ha consentito al Pianeta Terra di sopravvivere fino ad ora utilizzando l'energia solare c'è da porre attenzione ai meccanismi che i sistemi viventi di tipo vegetale possano aver sviluppato conseguentemente a questa immensa fonte d'energia. La bellezza di questi adattamenti dei sistemi viventi vegetali, finalizzati alla conservazione della specie e al mantenimento delle biodiversità, si esalta al confronto di ciò che invece il genere umano propone in maniera distruttiva. Anche l'alternanza di luce e buio costituisce un'opportunità di sviluppo per gli organismi fotosintetici. Esistono, infatti, nella fotosintesi, una fase luminosa e un'oscura, entrambe propizie alla produzione di sostanze utili agli esseri viventi del pianeta. Interpretando la simbiosi lichenica dal punto di vista sociologico vien facile definirla come **autoconservazione altruistica** per le generosità di contribuire alla propria vita e quella degli altri esseri viventi. Una situazione di maggior resistenza agli stress è proposta da organismi che cercano di solidarizzare per formare un'associazione costruttiva del tipo "simbiosi" come quella dei licheni. Certamente questi due organismi (fungo ed alga) pur mantenendo le loro specializzazioni ben distinte, riescono a **solidarizzare** quasi avessero capito da una massa di informazioni contenute nel loro DNA che **l'aggregazione sociale** rappresenta un meccanismo di adattamento più forte del singolo.



**Fig. 3.** Alga unicellulare "*Trebouxia*" in attività fotosintetica. Foto dell'autore

La struttura cellulare dell'alga dunque consente di compiere la fotosintesi che permette al fungo di assorbire gli zuccheri prodotti e di fornire ossigeno per il mantenimento, in giusti rapporti, dei componenti l'atmosfera. In maniera diversa il fungo fornisce i sali minerali all'alga attraverso l'assorbimento dal substrato. Tutto questo si realizza in condizioni di luce e umidità "adeguate".

Considerando una tipica condizione di simbiosi in cui entrambi gli organismi sono attivi, ammesso che l'aria (intesa nelle sue parti gassose) e il substrato siano rappresentati da costanti che non interferiscono in ciò che andremo a proporre, si può ammettere che le parti variabili siano rappresentate dalla luce e dall'acqua con importanza diversa. In maggior sintesi si evidenzia che: mentre il fungo può vivere anche in assenza di luce, l'alga attiva necessita sia di luce sia di acqua.

#### 4

### Condizioni adeguate per lo sviluppo della simbiosi lichenica

Volendo interpretare l'esigenza di ciascuno dei due organismi, senza eccedere nell'analisi, ma considerando i parametri più importanti, luce e acqua, si può stabilire l'importanza e la dipendenza a regime della vitalità del lichene.

Luce	Alga
Acqua	Alga e Fungo

Tab. 1. Dipendenze fisiche delle componenti licheniche

Dalla **Tab.1** si può dedurre che, l'alga è l'organismo più importante tra i due e che l'acqua sia la componente fisica (chimico-fisica) necessaria a entrambi (alga e fungo). Infatti, nei periodi di siccità ed elevata temperatura, al venir meno delle condizioni di espletamento delle funzioni simbiotiche, i due organismi rimangono in uno stato stazionario con metabolismo molto ridotto, nonostante che la quantità di luce sia ottimale. Non appena che le condizioni di umidità ritornano, "adeguate", la fotosintesi riparte con immediatezza. Ciò apre, a mio avviso, un altro interessante argomento quale il funzionamento intermittente degli organismi viventi (intendendo per intermittenza la ripresa dell'attivazione dipendente dal fotoperiodo e dall'umidità relativa). Questo fatto fornisce, se mai ce ne fosse bisogno, un'altra conferma dell'acqua come "mater vitae".

Tornando alla questione principale trattata, cioè **il valore della qualità**, è necessario, a questo punto, porsi una domanda cui segue il suggerimento nella risposta:

**D-** Quale tra gli aspetti qualitativi della simbiosi è importante analizzare per supportare al meglio quel plusvalore da inserire in un eventuale calcolo differenziale incipiente?

**R-** La risposta è molto complicata perciò ci limitiamo a suggerire "la Fotosintesi".

#### 5

### L'approccio qualitativo

In riferimento all'aspetto vitale della trasformazione dell'energia da parte di organismi fotosintetici e' necessario decostruire il sistema complesso in percorsi più semplici ed adatti a scegliere il passaggio che interessa di più dal punto di vista energetico.

A livello cellulare, nel processo fotosintetico, si sviluppano flussi di cariche (elettroni e protoni) tipici di ogni trasformazione irreversibile (7) che determinano salti qualitativi pregevoli.

Per valutare tali flussi energetici, alcuni ricercatori usano la metodologia QEM (Quality Equivalent Methodology) ritenuta valida per risolvere il problema dell'energia qualitativa (8). Questa metodologia consiste nell'uso di un complicato sistema di equazioni lineari per descrivere la complessità dei flussi di energia nei sistemi ecologici ed economici. La soluzione di queste equazioni dipende dalla determinazione del fattore di qualità  $\mathbf{B}$  (vettore) di ciascun tipo di energia e dal vettore  $\Phi$  che rappresenta il coefficiente di aggiustamento dell'efficienza in ciascun processo del sistema oggetto di studio (8), (9).

Necessariamente tutti i processi della descritta simbiosi lichenica dovrebbero essere rappresentati. Tuttavia poiché trattasi di approccio preliminare, proponiamo una semplificazione con le rispettive efficienze  $\Phi$  di alcuni dei processi energetici scelti tra quelli che vi avvengono. Uno dei passaggi in QEM che qui viene proposto è quello che riguarda la “Quality-Adjusted Process Efficiencies”. In questo caso torna utile considerare l’efficienza dell’energia solare, nella sua totalità, come l’unità arbitraria di riferimento. È possibile quindi proporre lo schema di seguito riportato.

Fonti di Energia	Processo	Efficienza arbitraria $\Phi$
Solare	Biomassa lichenica	1.00
Acqua(f.alga)	Fotosintesi	0.96
Solare (f.alga)	Fotosintesi	0.93
Acqua(f.fungo)	Veicolazione soluti	0.89

**Tab.2.** Efficienze ipotizzate per ogni processo che coinvolge la vitalità della simbiosi lichenica.

Da quanto espresso in **Tab.2** è evidente che non tutti i processi irreversibili, tra quelli più importanti, che avvengono nella simbiosi si svolgono con la stessa efficienza. A maggior ragione, questo si evidenzia se si tiene conto dell’aggiustamento, tra input e output, che la qualità dell’energia può apportare (5). Tale qualità è rappresentata dalle scelte derivate dalle informazioni contenute nel DNA di ciascuna delle cellule vegetali preposte alla fotosintesi.

Nella Tab. 2 si dà una diversa valutazione tra l’efficienza arbitraria  $\Phi=0.96$  dell’alga, nell’utilizzo dell’acqua per la fotosintesi e quella del fungo per la veicolazione dei soluti  $\Phi=0.89$ . La variazione del rendimento, in base a questi dati è del 7%. Ciò conduce a pensare che la specializzazione maggiore si trova nel processo fotosintetico. In effetti, dal punto di vista fisiologico, la fotosintesi presenta una complessità molto più elevata che un semplice trasporto di ioni.

Ovviamente se dovessimo fare il rapporto dell’energia assorbita senza tener conto degli aspetti qualitativi, l’alga avrebbe un vantaggio di emergenza per un rate  $(0.96/0.89) = 1.08$ . Considerando la qualità del processo questo vantaggio salirebbe di molto.

## 6

### Conclusioni e sviluppi futuri

Pare evidente che la qualità intrinseca dei sistemi viventi sia espressa nei processi di sopravvivenza e diffusione delle biodiversità. La simbiosi lichenica è uno degli esempi in cui le espressioni di qualità possano emergere sia attraverso la fotosintesi sia nella scelta d’aggregazione sociale (10). Il calcolo differenziale incipiente può attribuire un valore agli aspetti qualitativi di sistemi dinamici vitali. Anche l’attribuzione comparativa delle efficienze a ciascun processo fornisce l’idea di un’armoniosa ripartizione nell’utilizzo dell’energia primaria. Si prevede di dar seguito, in una futura parte seconda di questo lavoro, a una serie di esempi che descrivano più approfonditamente quegli aspetti di socializzazione simbiotica tra le popolazioni sia animali sia umane.

#### Bibliografia essenziale:

- 1) “Advances in Energy studies. Energy Flows in Ecology and Economy”. *VI European Week of Scientific Culture (22<sup>nd</sup>-28<sup>th</sup>, November 1998). Editor in chief Sergio Ulgiati.*
- 2) Odum H.T. “Ecological and General Systems. An Introduction to System Ecology. 1994. University Press Colorado.
- 3) C. Giannantoni. “Introduzione alla Matematica dei Processi Generativi”. *Biologi Italiani, anno XXXVII n.6. Giugno 2006. Ecodinamica pgg. 47-57.*

- 4) C. Giannantoni. "Il Principio della massima potenza Energetica come base per una Termodinamica della Qualità". *Edizioni Serigraf 2006, Pescara.*
- 5) C. Giannantoni. "Armonia delle Scienze. La leggerezza della qualità". *Edizioni Serigraf 2007, Pescara.*
- 6) Odum H.T. "Environmental Accounting. Energy and Decision Making". 1996 John Wiley, N.Y. 370 pp.
- 7) Lheninger. A.L. *Principles of Biochemistry*, Worth Publisher pg. 1013. 1993.
- 8) M,G.Patterson "Understanding Energy Quality in Ecological and Economic Systems. A Brief explanation of QEM. VI European Week of Scientific Culture (22<sup>nd</sup>-28<sup>th</sup>, November 1998). Editor in cheaf Sergio Ulgiati. Pgg 257-274
- 9) M,G.Patterson "What is Energy Efficiency? Concepts, Indicators and Methodological Issue". 1996 Energy Policy 24:5 377-390.
- 10) P.Pasquinelli, F. Puccini et al. "Biodiversità dei licheni che nel Parco di Migliarino San Rossore Massaciuccoli" book in press. 2008.
- 11) Monastra G. 2000. "Le origini della vita" Ed. Il Cerchio. Itacalibri, Ravenna.